

特開平9-172055

(43)公開日 平成9年(1997)6月30日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/68			H01L 21/68	R
B23Q 3/15			B23Q 3/15	D
C23C 14/50			C23C 14/50	D
H02N 13/00			H02N 13/00	D

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全10頁)

(21)出願番号 特願平7-330663

(22)出願日 平成7年(1995)12月19日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 玉川 晃樹

福島県会津若松市門田町工業団地4番地  
株式会社富士通東北エレクトロニクス内

(72)発明者 高橋 光次郎

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番  
地 富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

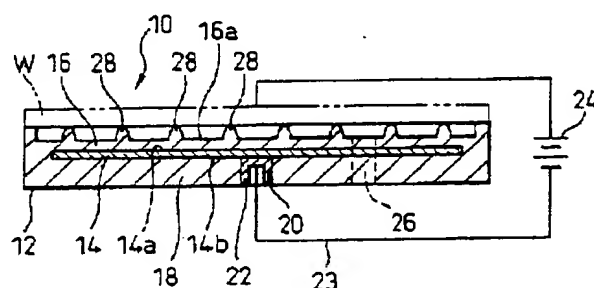
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 静電チャック及びウエハの吸着方法

(57)【要約】

【課題】 静電チャックに関し、ウエハを安定的な温度で確実に保持することができるようにすることを目的とする。

【解決手段】 第1及び第2の表面を有する電極14と、該電極の少なくとも第1の表面を覆う第1の層16を有する誘電体12と、該電極に通電するための手段22と、該誘電体の該第1の層の表面に冷却ガスを供給する冷却ガス供給手段26とを備え、該誘電体の該第1の層の表面に複数の微小な突起28が設けられており、該微小な突起28の各々は先端部が根元よりも小さい形状に形成されていてウエハを実質的に点接触で保持するようになり、該誘電体の第1の層の表面に保持されたウエハが該冷却ガス供給手段から供給された冷却ガスにより冷却されるようにした構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 及び第 2 の表面を有する電極 ( 1 4 ) と、該電極の少なくとも第 1 の表面を覆う第 1 の層 ( 1 6 ) を有する誘電体 ( 1 2 ) と、該電極に通電するための手段 ( 2 2 ) と、該誘電体の該第 1 の層の表面に冷却ガスを供給する冷却ガス供給手段 ( 2 6 ) とを備え、該誘電体の該第 1 の層の表面に複数の微小な突起 ( 2 8 ) が設けられており、該微小な突起 ( 2 8 ) の各々は先端部が根元よりも小さい形状に形成されていてウエハ ( W ) を実質的に点接触で保持するようになっており、該誘電体の第 1 の層の表面に保持されたウエハが該冷却ガス供給手段から供給された冷却ガスにより冷却されるようにしたことを特徴とする静電チャック。

【請求項 2】 該微小な突起 ( 2 8 ) はドーム形に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 3】 該微小な突起 ( 2 8 ) は角錐形に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 4】 該微小な突起 ( 2 8 ) は一定の形状及び一定のピッチで配列されていることを特徴とする請求項 5 に記載の静電チャック。

【請求項 5】 該微小な突起 ( 2 8 ) は 4 mm 以下のピッチで配列されていることを特徴とする請求項 4 に記載の静電チャック。

【請求項 6】 該微小な突起 ( 2 8 ) の高さは冷却ガスの平均自由行程以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 7】 該微小な突起 ( 2 8 ) の高さは 3 0  $\mu$  m 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載の静電チャック。

【請求項 8】 該微小な突起 ( 2 8 ) を含む該誘電体 ( 1 2 ) の表面 ( 1 6 a ) の表面粗度が R a 1 から 2  $\mu$  m の範囲にあることを特徴とする請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 9】 該誘電体 ( 1 2 ) が低抵抗型の誘電体からなり、該誘電体の第 1 の層 ( 1 6 ) の厚さが 0 . 5 m m 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 1 0】 該誘電体 ( 1 2 ) が二酸化ケイ素 ( S i O : ) を 3 0 % 以上含有するセラミックからなることを特徴とする請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 1 1】 該誘電体 ( 1 2 ) が該電極 ( 1 4 ) の第 2 の表面を覆う第 2 の層 ( 1 8 ) を有し、該電極に通電するための手段は、該誘電体の第 2 の層に設けた孔 ( 2 0 ) 内に配置され且つ該電極に接続された金属端子 ( 2 2 ) と、該金属端子と該第 2 の層に設けた孔の壁との間に溶融状態で挿入され且つ硬化した軟金属 ( 3 4 ) とからなることを特徴とする請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 1 2】 該誘電体 ( 1 2 ) が該電極 ( 1 4 ) の第 2 の表面を覆う第 2 の層 ( 1 8 ) を有し、該電極に通電するための手段は、該誘電体の第 2 の層に設けた孔 ( 2 0 ) 内に配置され且つ該電極に接続された金属端子 ( 2 2 ) と、該金属端子と該第 2 の層に設けた孔の壁との間に挿入された熱伝導性の高い樹脂とからなることを特徴とする請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 1 3】 第 1 及び第 2 の表面を有する電極 ( 1 4 ) と、該電極の少なくとも第 1 の表面を覆う第 1 の層 ( 1 6 ) を有する誘電体 ( 1 2 ) と、該電極に通電するための手段 ( 2 2 ) と、該誘電体の該第 1 の層の表面に冷却ガスを供給する冷却ガス供給手段 ( 2 6 ) とを備え、該誘電体が二酸化ケイ素 ( S i O : ) を 3 0 % 以上含有するセラミックからなることを特徴とする静電チャック。

【請求項 1 4】 第 1 及び第 2 の表面を有する電極 ( 1 4 ) と、該電極の第 1 及び第 2 の表面を覆う第 1 及び第 2 の層 ( 1 6 , 1 8 ) を有する誘電体 ( 1 2 ) と、該電極に通電するための手段 ( 2 2 ) と、該誘電体の該第 1 の層の表面に冷却ガスを供給する冷却ガス供給手段 ( 2 6 ) とを備え、該電極に通電するための手段は、該誘電体の第 2 の層に設けた孔 ( 2 0 ) 内に配置され且つ該電極に接続された金属端子 ( 2 2 ) と、該金属端子と該第 2 の層に設けた孔の壁との間に溶融状態で挿入され且つ硬化した軟金属 ( 3 4 ) とからなることを特徴とする静電チャック。

【請求項 1 5】 第 1 及び第 2 の表面を有する電極 ( 1 4 ) と、該電極の第 1 及び第 2 の表面を覆う第 1 及び第 2 の層 ( 1 6 , 1 8 ) を有する誘電体 ( 1 4 ) と、該電極に通電するための手段 ( 2 2 ) と、該誘電体の該第 1 の層の表面に冷却ガスを供給する冷却ガス供給手段 ( 2 6 ) とを備え、該電極に通電するための手段は、該誘電体の第 2 の層に設けた孔 ( 2 0 ) 内に配置され且つ該電極に接続された金属端子 ( 2 2 ) と、該金属端子と該第 2 の層に設けた孔の壁との間に挿入された熱伝導性の高い樹脂とからなることを特徴とする静電チャック。

【請求項 1 6】 電極 ( 1 4 ) の表面を覆う誘電体の表面に設けた微小な突起 ( 2 8 ) によりウエハ ( W ) を実質的に点接触で載置し、該電極 ( 1 4 ) に電圧を印加してウエハ ( W ) を該誘電体の表面に吸着し、該誘電体と該ウエハ ( W ) との間に冷却ガスを供給することを特徴とするウエハの吸着方法。

## 【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】 本発明は C V D やエッチング等の半導体の製造行程において使用される静電チャックに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 C V D やエッチング等の半導体の製造行程においては、ウエハが真空チャンバ内で静電チャックにより保持され、種々の処理が行われる。静電チャック

は誘電体に電極を埋設して形成され、ウエハは誘電体の表面に載置される。ウエハは、ウエハと電極との間に作用するクーロン力によって誘電体の表面に保持される。このような静電チャックは例えば米国特許第 4 3 8 9 9 1 8 号や特開平 7 - 1 8 4 3 8 号公報に開示されている。

【 0 0 0 3 】 ウエハを保持すべき誘電体の表面には円状その他の形状の溝が形成され、これらの溝にヘリウム等の冷却ガスが供給されるようになっている。冷却ガスはウエハを冷却してウエハを適切な温度に制御する。誘電体の表面の溝の周りの部分はウエハと面接触するので、ウエハから誘電体へ、あるいは誘電体からウエハへ熱が伝導する。

【 0 0 0 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】 誘電体は例えばその中央部と周辺部とで温度が異なることがあり、冷却ガスを流している場合でも、ウエハの温度が一樣にならず、ウエハ内でエッチングレートや成膜レートが不均一になったり、ウエハに反りが生じたりし、歩留りが低下するという問題があった。

【 0 0 0 5 】 また、ウエハと誘電体の表面との接触面積が大きい場合、ウエハ内で温度分布ができるばかりでなく、ロット毎にウエハの温度が変化しやすくなり、オペレータが頻繁に電圧調整や冷却ガス圧力の調整を行わなければならない、稼働効率が低下するという問題があった。

【 0 0 0 6 】 さらに、ウエハはクーロン力によって静電チャックに保持されるが、冷却ガスによる冷却を行うと、冷却ガスの圧力はウエハを静電チャックから剥がす方向に作用する。従って、静電チャックの吸着力は冷却ガスの圧力に抗してウエハを保持できるほどの大きさをもっていなければならない。クーロン力は  $(V/d)$  に比例するので、クーロン力を大きくするためには、ウエハと電極との間に位置する誘電体の層の厚さを小さくすることが必要になる。例えば、従来の静電チャックにおいては、ウエハと電極との間に位置する誘電体の層の厚さは 0. 2 ~ 0. 4 mm にする必要があった。しかし、誘電体の層の厚さがこのように薄くなるとウエハと電極との間にかかる電圧に対して誘電体の耐電圧の面で問題が生じる。

【 0 0 0 7 】 また、高密度プラズマ環境下では、ウエハとともに静電チャックも加熱される。また、CVD装置では、静電チャック自身を 500℃程度まで加熱して使用することもある。誘電体の材料となるセラミックスは、温度の上昇とともに固有抵抗率が低下する性質があるために、静電チャックがかなり高温になると抵抗が低下して、リーク電流が増大し、ウエハがダメージを受ける問題がある。

【 0 0 0 8 】 また、誘電体のウエハ保持面とは反対側の面には、外部から電極に向かって孔が設けられ、この孔

内には配線端子用のコパール等の金属端子が設けられる。この金属端子と孔の壁との間にはギャップができるが、このギャップをそのままにしておくとも誘電体の熱伝導特性の悪化を招く。そこで、このギャップをシリコーングリスで埋めるようになっている。しかし、シリコーングリスの粘度が高いとそれをギャップに封入するのが困難であり、シリコーングリスの粘度が低いと封入後の使用中に流れ出てしまうという問題がある。

【 0 0 0 9 】 本発明の目的は、ウエハを安定的な温度で確実に保持することのできる静電チャックを提供することである。本発明の他の目的は、冷却ガスの圧力に抗して十分にウエハを保持することができ且つ十分な耐電圧特性をもった静電チャックを提供することである。本発明の他の目的は、高い温度でも使用されることができ、あるいは電極の端子部において熱伝導特性の悪化を招くことがないようにした静電チャックを提供することである。

【 0 0 1 0 】

【 課題を解決するための手段 】 本発明による静電チャックは、第 1 及び第 2 の表面を有する電極と、該電極の少なくとも第 1 の表面を覆う第 1 の層を有する誘電体と、該電極に通電するための手段と、該誘電体の該第 1 の層の表面に冷却ガスを供給する冷却ガス供給手段とを備え、該誘電体の該第 1 の層の表面に複数の微小な突起が設けられており、該微小な突起の各々は先端部が根元よりも小さい形状に形成されていてウエハを実質的に点接触で保持するようになっている、該誘電体の第 1 の層の表面に保持されたウエハが該冷却ガス供給手段から供給された冷却ガスにより冷却されるようにしたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 1 】 この構成においては、ウエハと誘電体とは実質的に点接触し、ウエハと誘電体との間の熱伝導が非常に小さくなり、無視できるようになる。ウエハの処理表面側を除くと、冷却ガスのみが実質的にウエハに接触する。従って、ウエハは冷却ガスによって均一に冷却されてウエハ内の温度分布は一樣になる。誘電体内に温度分布があっても、ウエハは誘電体とはほとんど接触していないので誘電体内の温度分布の影響を受けることが少ない。そして、電極とウエハとの間に電圧を印加すると、微小な突起において電荷が集中し、より強い吸着力が作用し、ウエハが誘電体に確実に吸着される。従って、冷却ガスの圧力を高くしても、ウエハが誘電体に確実に吸着される。

【 0 0 1 2 】 該微小な突起の各々は先端部が根元よりも小さい形状に形成されている具体例として、該微小な突起はドーム形に形成され、あるいは該微小な突起は角錐形に形成されることができ、ウエハが冷却ガスによって均一に冷却されるのをより確実にするためには、該微小な突起は一定の形状で一定のピッチで配列されているのが好ましい。この場合、該微小な突起は 4 mm 以下の

ピッチで配列されているのが好ましい。

【0013】該微小な突起の高さは冷却ガスの平均自由行程以下であるのが好ましい。このようにすると、冷却ガスの分子は微小な突起の高さ、すなわち、ウエハと誘電体の表面との間の間隔内において衝突せず、衝突による熱の発生がなくなり、冷却ガスにより効率的な冷却を行うことができる。

【0014】この場合、該微小な突起の高さは $30\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。例えば、冷却ガスとしてヘリウムが使用されるとすると、温度 $25^\circ\text{C}$ 、圧力 $1\text{Torr}$ におけるヘリウムの平均自由行程は $147.2\mu\text{m}$ である。静電チャックにおいてウエハを冷却する場合にはヘリウムは $5\sim 20\text{Torr}$ の圧力で使用されることが多く、この場合の平均自由行程は $15\sim 30\mu\text{m}$ である。従って、該微小な突起の高さは $15\sim 30\mu\text{m}$ であるのが好ましい。

【0015】また、冷却ガスと静電チャックとの間の熱交換の効率を高めるためには、該微小な突起を含む該誘電体の表面の表面粗度 $R_a$ が $1$ から $2\mu\text{m}$ の範囲にあるようにするとよい。このようにすることにより、冷却ガスの適応係数を $0.1$ 以上にすることができる。

【0016】また、ウエハと電極との間に高電圧を印加する場合には、該誘電体の第1の層の厚さが高い耐電圧特性をもつことが必要である。高電圧を印加する場合には、必要なクーロン力の計算から得られる該誘電体の第1の層の厚さは $0.2\sim 0.3\text{mm}$ と比較的に薄く、これでは耐電圧特性が満足できないことがある。そこで、該誘電体が低抵抗型の誘電体からなり、該電極の前記一面上の該誘電体の層の厚さが $0.5\text{mm}$ 以上であるようにすると、印加電圧に対して十分な耐電圧特性を満足できる。

【0017】また、誘電体の温度が上昇すると誘電体の固有抵抗率が低下し、そこで静電チャックがかなり高温になるとウエハに流れるリーク電流が増加して許容電流以上になるという問題点を解決するためには、該誘電体が二酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ )を $30\%$ 以上含有するセラミックからなるようにするとよい。

【0018】また、誘電体の孔に設けた金属端子と孔の壁との間のギャップを確実に埋めるようにためには、該誘電体が該電極の第2の表面を覆う第2の層を有し、該電極に通電するための手段は、該誘電体の第2の層に設けた孔内に配置され且つ該電極に接続された金属端子と、該金属端子と該第2の層に設けた孔の壁との間に溶融状態で挿入され且つ硬化した軟金属とからなるようにするとよい。

【0019】同様に、該誘電体が該電極の第2の表面を覆う第2の層を有し、該電極に通電するための手段は、該誘電体の第2の層に設けた孔内に配置され且つ該電極に接続された金属端子と、該金属端子と該第2の層に設けた孔の壁との間に挿入された熱伝導性の高い樹脂とか

らなるようにするとよい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施例について説明する。図1及び図2において、静電チャック10は、円板状の誘電体12と、この誘電体12の内部に埋設された平坦な円板状の電極14とからなる。電極14は第1及び第2の表面14a、14bを有する。誘電体12は、電極14の第1の表面14aを覆う第1の層16と、電極14の第2の表面14bを覆う第2の層18とを有する。

【0021】誘電体12の第2の層18には孔20が設けられ、この孔20内には金属端子22が配置されている。この金属端子22は電極14に電気的に接続され、且つリード線23を介して電源24に接続される。図1に仮想線で示されているウエハWも電源24に接続され、よって誘電体12の第1の層16を挟んで電極14とウエハWとの間に電圧が印加される。ウエハWがプラズマ雰囲気中で処理される場合には、プラズマはマイナスに帯電し且つウエハWはプラズマに接触しているの

【0022】図7は電極14の一例を示し、この電極14は円形の誘電体12の形状よりもわずかに小さい円板形状をしている。この場合には、図1に示されるように、電極14が電源24の一方の側に接続される。図8は電極14の他の例を示し、この電極14は2つの半円板形の部分14x、14yに分割されている。この場合には、2つの半円板形の部分14x、14yが電源24の両側に接続される。この分割タイプの電極14は半円板形の部分に限らず、その他の形状、例えば櫛歯状や放射状のものとすることもできる。

【0023】図1及び図2において、冷却ガス供給口26が誘電体12及び電極14を貫通して設けられている。ヘリウム等の冷却ガスが図示しないガス供給源から誘電体12の第1の層16の表面16aに供給され、誘電体12の第1の層16の表面16aに保持されたウエハWを冷却する。

【0024】さらに、誘電体12の第1の層16の表面16aには複数の微小な突起28が設けられている。微小な突起28の各々は先端部が根元よりも小さい形状に形成されていてウエハWを実質的に点接触で保持するようになっている。図3の例においては、微小な突起28はドーム形に形成されている。図4の例においては、微小な突起28は四角錐形に形成されている。以後ドーム形の微小な突起28についてさらに詳細に説明するが、これは四角錐形及びその他の形状の微小な突起28についても適用可能である。

【0025】図1から図3を参照すると、微小な突起28は一定の形状及び一定のピッチで配列されている。図3に示されているように、各微小な突起28は円形のド

ーム状に形成されており、その根元部の直径Dは0.8 mmであり、高さHは0.02 mmである。隣接する2つの微小な突起28間のピッチPは4 mm以下であるのが好ましく、実施例では3 mmである。

【0026】図5及び図6において、静電チャック10は全体として薄く形成され、熱伝導率の優れたアルミニウムの土台30に密着して載置されて使用される。作用において、静電チャック10を支持したアルミニウムの土台30は、シリコンウエハ等の半導体のエッチングやCVD等を行うための真空室に配置され、ウエハWは同真空室内で静電チャック10に保持されて所望の処理を受ける。

【0027】ウエハWを静電チャック10に保持するために電極14とウエハWとの間に電圧が印加されると、ウエハWがクーロン力により静電チャック10に吸着される。クーロン力は、 $F_c = A(V/d)^2$ で求められる。Aは定数であり、Vは電圧、dは誘電体12の第1の層16の厚さである。ウエハWは微小な突起28の先端において誘電体12とは実質的に点接触する。

【0028】ヘリウムガスが冷却ガス供給口26に冷却ガスとして導入される。よってウエハWは冷却ガスにより冷却され、冷却ガスの圧力と、ウエハWと誘電体12との間の電圧に従ったほぼ一定の温度になる。本発明では、ウエハWは微小な突起28の先端において誘電体12とは実質的に点接触しているため、ウエハWと誘電体12との間の熱伝導が非常に小さくなり、ウエハWの処理表面側を除くと、冷却ガスのみが実質的にウエハWに接触している。従って、誘電体12内に温度分布があるとしても、ウエハWは誘電体12内の温度分布の影響を受けずに、冷却ガスによって均一に冷却されてウエハW内の温度分布は一様になる。

【0029】図10は、冷却ガスの圧力とウエハWの温度との関係を示し、黒点は600ワット、白点は400ワットの電力をかけたときにウエハWを30℃にするのに必要な冷却ガスの圧力を示している。冷却ガスの圧力は5~20 Torrであればよいのが分かる。5~20 Torrは大気圧と比べると低中真空に相当する。しかし、半導体の製造のための真空室はそれよりももっと高い真空になっている。すなわち、静電チャック10の表面16aとウエハWとの間に形成される空間の圧力(冷却ガスの圧力)は真空室の圧力よりも高い。従って、静電チャック10の吸着力は、ウエハWを静電チャック10から離れさせようとする冷却ガスの圧力よりも大きくなければならず、冷却ガスの圧力が高くなるほど吸着力を大きくする必要がある。

【0030】図11及び図12は微小な突起28ではなく従来の円形の溝を設けた静電チャックを用いてウエハWの温度を測定した例を示す図である。製造条件は、直径8インチ、厚さ1 mmのウエハを、2000 mTorrの真空室で、RF 2000 Wで2分間処理するものであ

た。図11では、静電チャックの溝は同心円状のものが2個あり、冷却ガスの圧力は5 Torrであった。図12では、静電チャックの溝は同心円状のものが5個あり、冷却ガスの圧力は20 Torrであった。

【0031】図11及び図12から、ウエハの上限温度は冷却ガスの圧力に従って変化するが、その変化の度合いは比較的に少ないので、冷却ガスの圧力を必要以上に高くする必要はないことが分かる。ウエハの下限温度はチャック電圧に従って大きく変化する、チャック電圧を高くするほど上限と下限の幅が大きくなるので、チャック電圧をあまり高くしない方がよい。従って、冷却ガスの圧力をあまり高くせずに、チャック電圧をあまり高くしないで冷却ガスがリークしない程度の吸着力とするのがよい。この意味で、本発明のようにウエハWが誘電体12の第1の層16の表面16aに微小な突起28により点接触するようにすることは、過度に強い吸着力を得るほどに高いチャック電圧をかけるのには向いているとは言えないが、ウエハWを確実に保持し且つウエハWを一定の温度に制御することができるものである。

【0032】そして、電極14とウエハWとの間に電圧を印加すると、微小な突起28において電荷が集中し、より強い吸着力を作用させることができる。従って、ウエハWは誘電体12に確実に吸着される。また、微小な突起28は一定の形状で一定のピッチで配列されているので、ウエハWが冷却ガスによってより均一に冷却される。

【0033】さらに、微小な突起28の高さは冷却ガスの平均自由行程以下であるのが好ましい。こうすることにより、冷却ガスの分子は微小な突起28の高さ、すなわち、ウエハWと誘電体12の第1の層16の表面16aとの間の間隔内において互いに衝突せず、衝突による熱の発生がなくなり、高い冷却効率を維持することができる。

【0034】微小な突起28の高さは冷却ガスの平均自由行程以下である範囲において、より具体的には微小な突起の高さ28は30 μm以下であるのが好ましい。例えば、冷却ガスとしてヘリウムが使用されるとすると、ヘリウムの平均自由行程は温度25℃、圧力1 Torrにおける147.2 μmである。静電チャック10においてウエハWを冷却する場合にはヘリウムは5~20 Torrの圧力で使用されることが多く、この場合の平均自由行程は15~30 μmである。従って、微小な突起28の高さは15~30 μmであるのが好ましい。

【0035】また、冷却ガスと静電チャック10との間の熱交換の効率を高めるためには、微小な突起28を含む誘電体12の表面16aの表面粗度がRa 1から2 μmの範囲にあるようにするとよい。このようにすることにより、冷却ガスの適応係数を0.1以上にすることができる。

【0036】図9は微小な突起28を含む誘電体12の

表面16aの表面粗度Raの求め方を示す図である。表面粗度Raは中心線平均粗さとも言われ、次のようにして求める。まずマイクロゲージ等で表面16aの粗さを測定して、粗さ曲線Bを作る。そして、粗さ曲線Bの中心線Cのプラス部分及びマイナス部分の値を絶対値化し、これを測定長lに沿って積分し、積分値を測定長lで割ると表面粗度Raが得られる。

【0037】適応係数は気体分子が壁にぶつかるときの熱エネルギーの伝達の程度を示す値である。入射分子の温度を $T_i$ 、反射分子の温度を $T_r$ 、壁の温度を $T_w$ 、とすると、 $\alpha = (T_i - T_r) / (T_i - T_w)$ を適応係数と言う。適応係数 $\alpha$ が1のときに完全にエネルギーの変換があり、適応係数 $\alpha$ が0のときに全くエネルギーの変換がない。通常の平坦な表面では、 $\alpha = 0.01$ 程度である。表面粗度がRa1から2 $\mu$ mの場合に、適応係数 $\alpha$ が0.1以上になり、良好な熱交換が行われる。よって、冷却ガスによって静電チャック10を良好に冷却することができる。

【0038】また、ウエハWと電極14との間に高い電圧を印加する場合には、誘電体12の第1の層16の厚さが高い耐電圧特性をもつことが必要である。数千ボルトという高電圧を印加する場合には、上記したクーロン力の計算( $F_c = A(V/d)^2$ )から得られる誘電体12の第1の層16の厚さdは、0.2~0.3mmと比較的に薄くなり、これでは耐電圧特性が満足できないことがある。

【0039】高電圧を印加する場合には、誘電体12の第1の層16の厚さdは、耐電圧特性を満足するためには0.5mm以上であることが望ましい。そのために、ウエハWを静電チャック10に吸着する吸着力を、クーロン力( $F_c$ )ばかりでなく、ジョンソンラーベック力( $F_j$ )をも利用するのが望ましい。

【0040】図13は、ウエハWを静電チャック10に吸着する吸着力(F)がクーロン力( $F_c$ )のみによって与えられることを示している。図14は、ウエハWを静電チャック10に吸着する吸着力(F)がクーロン力( $F_c$ )とジョンソンラーベック力( $F_j$ )によって与えられることを示している。ジョンソンラーベック効果は、壁と半導体との間に電圧が印加されたときに半導体が壁に密着するというものである。ジョンソンラーベック効果の詳細なメカニズムは明瞭ではないが、静電チャック10の場合には、誘電体12を通常用いられるものよりも低抵抗型の誘電体からなるものとし、電極14とウエハWとの間に極微細な電流が流れるようにすると、ジョンソンラーベック効果が現れることが分かった。

【0041】図15は、種々の条件における吸着力(F)を示す図である。三角点をプロットした曲線Pは、静電チャック10を高抵抗型( $10^{11}\Omega\text{cm}$ )の誘電体12で形成し、誘電体12の第1の層16の厚さdが

0.25mmの場合を示す。四角点をプロットした曲線Qは、静電チャック10を低抵抗型( $10^{11}\Omega\text{cm}$ )の誘電体12で形成し、誘電体12の第1の層16の厚さdが0.25mmの場合を示す。

【0042】同様に、丸点をプロットした曲線Rは、静電チャック10を高抵抗型( $10^{11}\Omega\text{cm}$ )の誘電体12で形成し、誘電体12の第1の層16の厚さdが0.5mmの場合を示し、二重丸点をプロットした曲線Sは、静電チャック10を低抵抗型( $10^{11}\Omega\text{cm}$ )の誘電体12で形成し、誘電体12の第1の層16の厚さdが0.5mmの場合を示す。表面粗度はRa0.6 $\mu$ mであった。

【0043】曲線Pでは電圧を高くすると吸着力(F)を高くすることができるが、誘電体12の第1の層16の厚さdが0.25mmと薄い。曲線Qでは低抵抗型であり且つ厚さdが0.25mmと薄いので吸着力(F)は高い。また、曲線Rでは電圧を高くしても吸着力(F)が高くなる度合は低い。曲線Sでは低抵抗型であり且つ厚さdが0.5mmであるが吸着力(F)はかなり高い。

【0044】曲線Pと曲線Qとの差、あるいは曲線Rと曲線Sとの差を示す曲線JLが、ジョンソンラーベック力( $F_j$ )に相当する。ジョンソンラーベック力( $F_j$ )は20g/cm<sup>2</sup>以上ある。20g/cm<sup>2</sup>という値は、8インチのウエハWでは6280g/cm<sup>2</sup>になり、これは冷却ガスの圧力に対して約14Torrまで耐えることができる値である。従って、誘電体12の厚さdが0.5mm以上になってクーロン力クーロン力( $F_c$ )がかなり低くなっても、ジョンソンラーベック力( $F_j$ )だけで実質的にウエハWを十分に吸着保持することができる。なお、ここでは誘電体12が低抵抗型の抵抗 $10^{11}\Omega\text{cm}$ をもつものについて説明したが、低抵抗型の抵抗は低抵抗 $10^{11}\sim 10^{12}$ の範囲から選んで、誘電体12の第1の層16の厚さが0.5mm以上であるようにし、それによって印加電圧に対して十分な耐電圧特性を備えるようにすることができる。

【0045】図16は、誘電体12として使用される各種のセラミックの温度に対する抵抗率の変化を示す図である。抵抗率は、AM1がミディアムローのクラスのアルミナであり、AM2がミディアムクラスのアルミナであり、AM3がハイクラスのアルミナであり、MLはムライトである。ハイクラスのアルミナは二酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ )を約8%含有し、ムライトは二酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ )を約40%含有している。破線Lは許容できる抵抗率の下限である。

【0046】静電チャック10はプラズマ雰囲気であり高温(例えば500℃)で使用されることがあり、誘電体12の各材料は誘電体12の温度の上昇とともに固有抵抗率が低下する。静電チャック10が例えば500℃で使用される場合には、その温度で下限Lよりも高い

11

抵抗率をもつのはムライトだけである。このように、静電チャック 10 が高温で使用される場合には、誘電体 12 を二酸化炭素 (SiO<sub>2</sub>) を 30% 以上含有するセラミックから形成し、その温度で下限よりも高い抵抗率をもつようにするのがよい。これに適するセラミックとしては、アルミナやムライトの他に、ガラスセラミック等がある。

【0047】図 17 は金属端子 22 の取り付け部を示す拡大図である。上記したように、誘電体 12 の第 2 の層 18 には孔 20 が設けられ、この孔 20 内には金属端子 22 が配置されている。この金属端子 22 は例えばコパ  
10 ールからなり、電極 14 に対して銀／銅の層によってロ一付けされている。この構造においては、金属端子 22 と孔 20 の壁 20 との間にギャップができる。この実施例では、はんだ (Pb + Sn) 合金の層 34 が挿入されている。はんだ合金の層 34 は前記ギャップに溶融状態で挿入されるので、小さなギャップに隙間無く充填され、その後で自然に硬化する。なお、はんだ合金の充填に際して、金属端子 22 が露出できるようにピン等を差し込んでおき、硬化後にピンを引き抜くことにより穴 3  
6 ができるようにする。

【0048】従って、誘電体 12 のギャップが埋められ、誘電体 12 の熱伝導特性が悪化するのを防止できる。また、はんだ合金はセラミックやコパールと比べて柔らかいので、使用中の誘電体 12 の温度変化による熱膨張、熱収縮を吸収することができる。また、実施例の説明ははんだ合金を例として説明されたが、誘電体 12 のギャップに埋めるのははんだ合金に限らず、ギャップに溶融状態で挿入され且つ硬化するその他の軟金属、例えばアルミニウムやインジウム等とすることができる。  
30

【0049】さらに、誘電体 12 のギャップに埋めるのは軟金属に限らず、熱伝導性の高い樹脂とすることもできる。この場合、樹脂中に熱伝導性の高い銀等の金属粒子を混入したペーストとして使用する。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ウエハを安定的な温度で確実に保持することのできる静電チャックが得られる。また、冷却ガスの圧力に抗して十分にウエハを保持することができ、あるいは十分な耐電圧特性をもち、あるいは高い温度でも使用されることができ、あるいは電極の端子部において熱伝導特性の悪

12

化を招くことがないようにした静電チャックを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例の静電チャックを示す断面図である。

【図 2】図 1 の静電チャックの平面図である。

【図 3】図 1 及び図 2 の微小な突起の拡大図である。

【図 4】微小な突起の他の例を示す図である。

【図 5】図 1 の静電チャックを土台に取り付けたところを示す平面図である。

【図 6】図 5 の断面図である。

【図 7】図 1 の静電チャックの電極を通る断面図である。

【図 8】電極の他の例を示す断面図である。

【図 9】表面粗度を説明する図である。

【図 10】ガス圧力とウエハ温度の関係を示す図である。

【図 11】ガス圧力が 5 Torr の場合の電圧とウエハ温度の関係を示す図である。

【図 12】ガス圧力が 20 Torr の場合の電圧とウエハ温度の関係を示す図である。

【図 13】吸着力がクーロン力で得られることを説明する図である。

【図 14】吸着力がクーロン力とジョンソンラーベック力とで得られることを説明する図である。

【図 15】電圧と吸着力との関係を示す図である。

【図 16】誘電体の温度と抵抗率との関係を示す図である。

【図 17】誘電体の金属端子の取り付け部を示す図である。

【符号の説明】

10 … 静電チャック

12 … 誘電体

14 … 電極

16 … 第 1 の層

18 … 第 2 の層

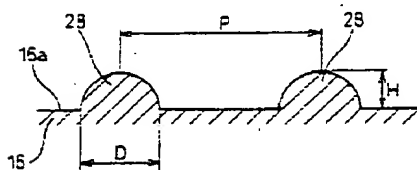
20 … 孔

22 … 金属端子

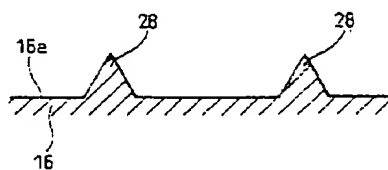
26 … 冷却ガス供給口

28 … 微小な突起

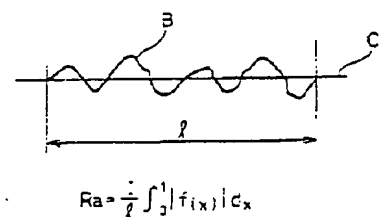
【図 3】



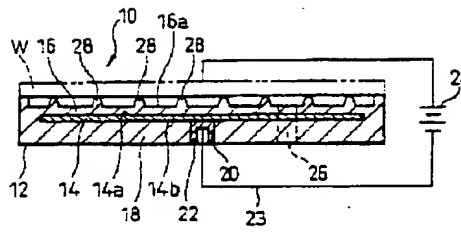
【図 4】



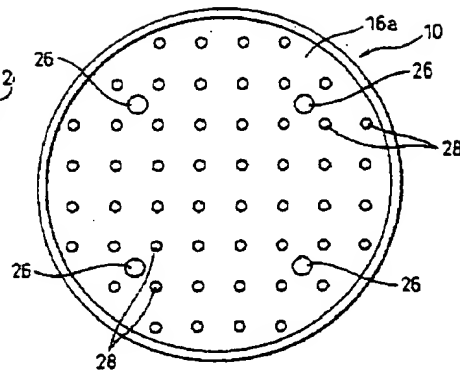
【図 9】



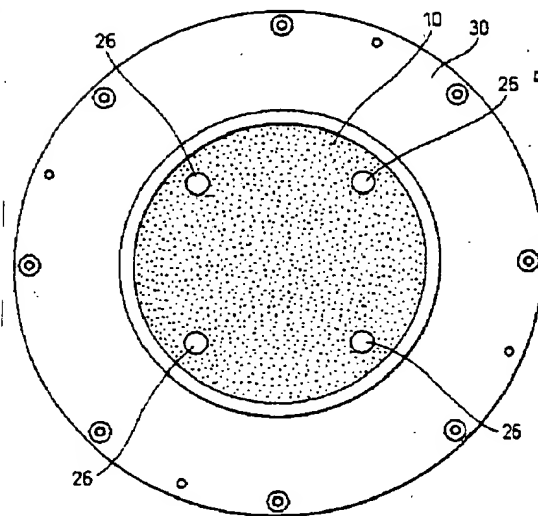
【 図 1 】



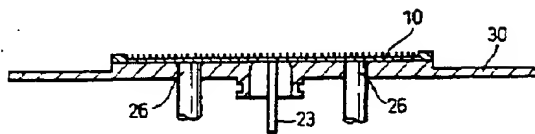
【 図 2 】



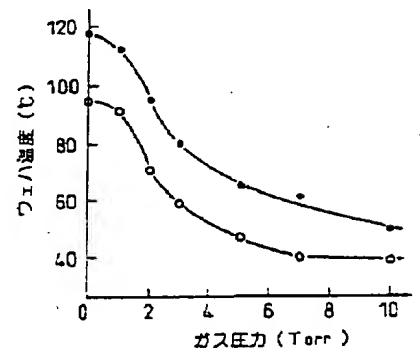
【 図 5 】



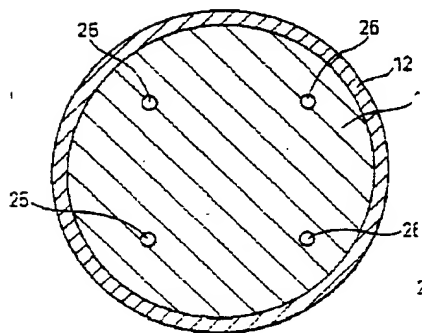
【 図 6 】



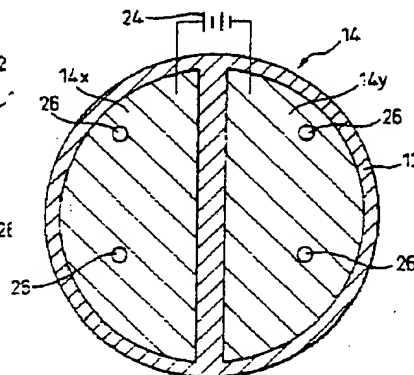
【 図 10 】



【 図 7 】

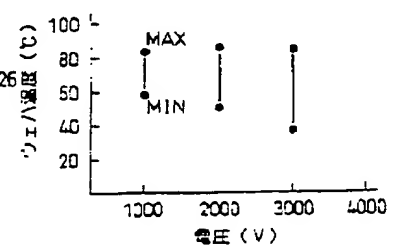


【 図 8 】



【 図 11 】

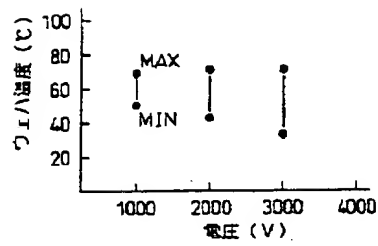
ガス圧力 5 Torr



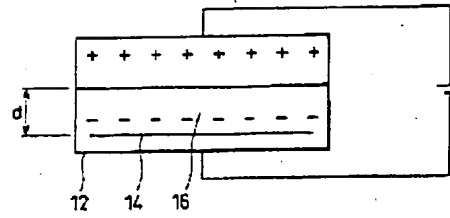


【図 1 2】

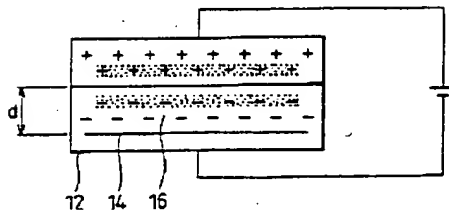
ガス圧力 20 Torr



【図 1 3】

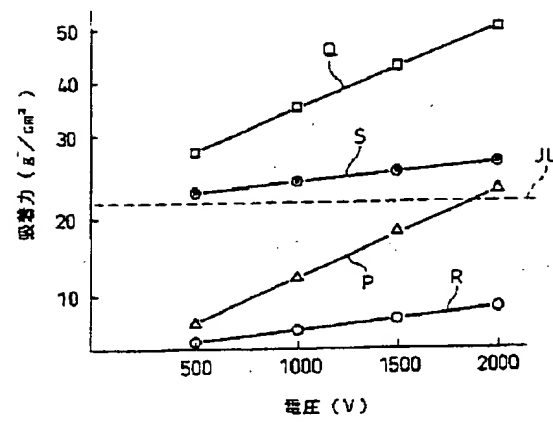
 $F \propto F_a$ 

【図 1 4】

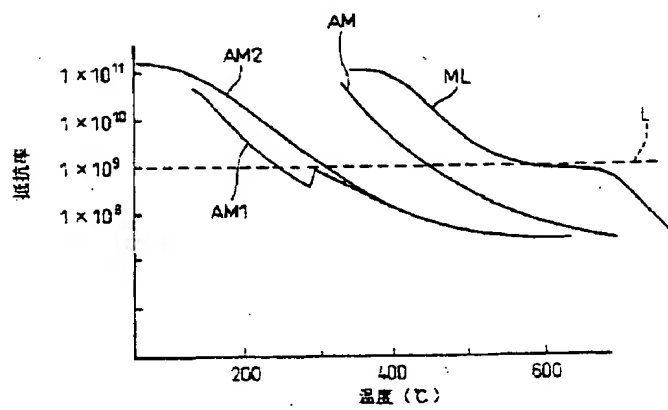
 $F \propto F_a + F_j$ 

【図 1 5】

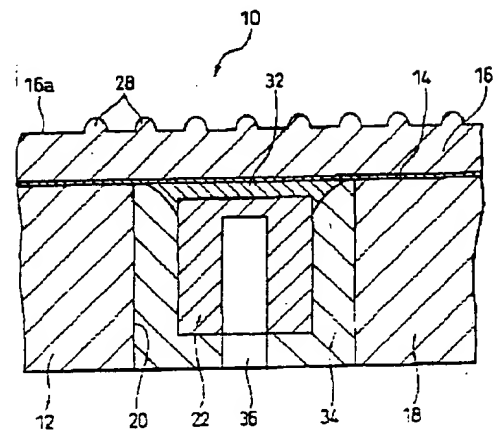
- $\Delta$ — $\Delta$   $\Omega = 10^{16}$   $d = 0.25\text{mm}$   
 $\square$ — $\square$   $\Omega = 10^{19}$   $d = 0.25\text{mm}$   
 $\circ$ — $\circ$   $\Omega = 10^{16}$   $d = 0.5\text{mm}$   
 $\bullet$ — $\bullet$   $\Omega = 10^{19}$   $d = 0.5\text{mm}$



【図 1 6】



【図 1 7】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 貴彦

福島県会津若松市門田町工業団地 4 番地

株式会社富士通東北エレクトロニクス内

(72)発明者 堀西 隆一

福島県会津若松市門田町工業団地 4 番地

株式会社富士通東北エレクトロニクス内